DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang. 9. August 1918. Heft 32.

Die Frage nach dem Wassergehalt des vulkanischen Magmas.

Von Prof. Dr. Karl Sapper, Straßburg i. E.,
o. Professor der Geographie an der Universität.

In den Diskussionen über die Probleme des Vulkanismus hat in den letzten Jahrzehnten die Frage nach der Rolle, z. T. auch nach dem Vorhandensein des Wasserdampfs unter den vulkanischen Gasen einen großen Raum eingenommen. Es mag daher von Interesse sein, einmal ein Bild von den verschiedenen Versuchen zu geben, die jene Frage der Lösung näher zu bringen trachten, und den gegenwärtigen Stand der Erörterungen anzudeuten, wobei freilich auf die älteren Ideen und Auffassungen nicht eingegangen werden soll.

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts war die überwiegende Mehrzahl der Vulkanologen sich darin einig, daß *Wasserdampf in den vulkanischen Aushauchungen in großen Mengen vorhanden* sei; man braucht sich darüber nicht zu wundern, da in den vorangegangenen Jahrzehnten des Kampfs um die Frage des Erhebungskraters beide Parteien in der Annahme bedeutsamer Beteiligung des Wasserdampfs an vulkanischen Ausbrüchen einig waren, so *Alexander v. Humboldt*[1]) und vor allem *George Poulett Scrope*[2]). Das Schlimme an allen Spekulationen über den Wasserdampf im Magma und sein Erscheinen in der explosiven Ausbruchswolke beruht darin, daß es bisher nicht geglückt ist, Apparate herzustellen, die ein unmittelbares Auffangen der vulkanischen Gase im Augenblick der Explosionen selbst gestatten würden; infolgedessen hat man keine festen Beweise für die Anwesenheit oder Nichtanwesenheit des Wasserdampfs in den Gasen explosiver Ausbrüche in Händen, vielmehr bleibt man mehr oder weniger auf Vermutungen und Augenschein angewiesen, während man bei den vergleichsweise ruhigen Lavamassen einiger „Feuerseen" oder einzelner Lavaströme unter günstigen Umständen tatsächlich in die Lage kommen kann, frische Lava oder deren Aushauchungen vor deren Vermischung mit der atmosphärischen Luft aufzusammeln, wovon später noch die Rede sein wird. Es ist offenbar, daß ruhige Lavaseen, wie sie uns am häufigsten im Krater des Kilauea auf Hawaii entgegentreten, sehr viel weniger Gase von sich geben, als explosivtätiges Magma, wie es in den Stratovulkanen vorhanden zu sein pflegt. Zudem erfolgt ihre Aushauchung meist ruhig und still, so daß auch die Beobachtung wesentlich erleichtert ist. Es ist darum bis zu einem gewissen Grad verständlich, daß der erste energische Widersacher der Vertreter der Wasserdampftheorie unter den Vulkanologen ein Mann war, der den Kilauea lange mit großer Sorgfalt beobachtet hat: *Lowthian Green*[1]). Er wies, wie *Immanuel Friedländer*[2]) hervorhebt, auf die anscheinend geringe Rolle hin, die Wasserdampf und andere Gase bei den Hawaiischen Vulkanen spielen, und sprach die Vermutung aus, daß das Wasser ausschließlich atmosphärischen Ursprungs sein könnte.

Aber *Greens* Stimme verhallte ungehört, und die Ansicht, daß Wasserdampf nicht nur in großen Mengen im Magma enthalten sei, sondern sogar die treibende Kraft der Vulkanbrüche darstelle, blieb die herrschende. Sagte doch *Eduard Süß* in seinem berühmt gewordenen Vortrag „Über heiße Quellen"[3]) geradezu: „Seit langem ist es anerkannt, daß bei diesen (vulkanischen) Vorgängen dem Wasserdampf die Hauptrolle zufällt" und *Hippolyt Haas*[4]) meint sogar: „Das Vorhandensein von Wasser resp. von den das Wasser bildenden Elementen im Magma und im Vulkanschlot ist eine unumstößliche Tatsache."

Mit einer derartigen Auffassung, wie sie auch anderwärts vielfach hervortrat, konnte sich *Alphons Stübel*[5]) nicht befreunden. Wohl erkannte er den überaus großen Gasgehalt des Magmas als einen sehr wichtigen Faktor bei der Entstehung explosiver vulkanischer Ausbrüche an und hob die Fähigkeit plötzlichen Aufschäumens im Fall von Druckentlastung hervor; aber über die Natur der bei diesem Aufschäumen beteiligten Gase sprach sich *Stübel* vorsichtigerweise nicht aus, ließ es also im Zweifel, ob Wasserdampf überhaupt beteiligt sei. Außerdem war ihm der Gasgehalt nur der zweite unter den Faktoren, die Ausbrüche hervorbringen sollten; als ersten und wichtigsten betrachtete er die Phase molekularer Volumenvergrößerung des Magmas, die er im Verlauf des Erkaltungsprozesses annehmen zu dürfen glaubte, und die in der Tat, wenn sie existierte, mit einer ungeheuren Kraftäußerung verbunden sein konnte; nach *Stübels* Ansicht müßte das glutflüssige Magma selbst als Trägerin

[1]) Kosmos. Stuttgart und Tübingen 1845, I. S. 253 u. a.

[2]) Considerations on Volcanoes. London 1825, 2. Auflage 1862, deutsch von *v. Klöden*, Berlin 1872.

[1]) Vestiges of the molten Globe. Part II. Honolulu 1877.

[2]) Zeitschrift für Vulkanologie. Bd. *III*, S. 9.

[3]) Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. 74. Versammlung zu Karlsbad 1902. Leipzig 1903, S. 136.

[4]) Der Vulkan. Berlin 1903, S. 150.

[5]) Ein Wort über den Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart. Leipzig 1901, S. 17.

der vulkanischen Kraft angesehen werden. *Stübel* wurde durch diese Ansicht ein entschiedener Gegner der Ed. Süßschen, die in dem Auftreten der Vulkane eine Begleiterscheinung der Gebirgsbildung sieht. Ein weiterer Gegner derselben war *W. Branco (Branca)*, der in einer epochemachenden Untersuchung[1]) den Nachweis führte, daß — wenigstens unter bestimmten Umständen — vulkanische Explosionen für sich allein imstande sein können, die äußersten Erdkrustenteile zu durchschlagen, ohne daß tektonische Begünstigungen vorliegen müßten. Dieser Schluß wurde nicht nur durch die Beobachtungen *A. Geikies* in Großbritannien und *Bückings* in der Röhn kräftig gestützt, sondern vor allem auch durch *A. Daubrées* höchst interessante Experimente[2]) über die gewaltige Durchschlagskraft hochgespannter Gase. Aber gleich *Stübel* hat auch *Branca* über die Natur der in Betracht kommenden Gase keine genaueren Angaben gemacht, so daß wir also an dieser Stelle keinen Grund haben, näher auf seine Theorie einzugehen. Andererseits hat aber *Svante Arrhenius*[3]) ausdrücklich dem Wasserdampf eine Hauptrolle in seiner Theorie des Vulkanismus angewiesen; er hat aber durch moderne, physikalisch-chemische Erklärungen den Mechanismus der vulkanischen Vorgänge in durchaus neuartiger Weise zu deuten versucht. Wohl geht er noch von der Anschauung aus, daß Spaltenbildung in der Erdkruste Druckentlastung und damit für das Magma die Möglichkeit des Aufsteigens schaffe, aber er weist daneben auch dem Gas-, vor allem dem Wasserdampfgehalt desselben eine wichtige Rolle zu. Gleich *Reyer*[4]) nimmt er an, daß das Wasser, vom Meere kommend, nur in Gasform zum Magma gelangen könne (das er in zusammenhängender Kugelschale unter der festen Erdrinde vermutet). Neu ist aber seine Begründung der Wirksamkeit des Wassers. *Arrhenius* sagt, daß *Wasser* bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr schwache Säure oder Base darstelle, *bei hohen Temperaturen aber zu einer starken Säure werde:* bei 300° ist es schon 80, bei 2000 etwa 300 Mal stärker als Kieselsäure. Wenn also Wasserdampf zu zähflüssigem Magma hinzutritt, so treibt es die Kieselsäure unter Schaffung freier Basen aus und macht das Magma leichtflüssiger; die freien Basen aber gehen durch Beimischung unveränderten Magmas in saure und basische Silikate über. Neues Wasser tritt hinzu und die vorher erwähnten Vorgänge wiederholen sich. Etwas Wasser bleibt im Magma frei, hat aber wegen starker Verdünnung nur sehr niedrigen Dampfdruck. *Arrhenius* nimmt nun an, daß Wasser so lange aufgenommen werden könne, bis der Dampfdruck gleich würde dem Druck der überlastenden Wassersäule von der Meeresoberfläche ab. Durch die Wasseraufnahme nimmt das Magma an Volumen zu; es steigt nunmehr im Schlot auf und kühlt sich dabei ab; dadurch wird das Wasser wieder eine schwächere Säure und schließlich wird es von der Kieselsäure wieder aus seinen Verbindungen ausgetrieben; es explodiert nun, sobald die wasserhaltigen Lagen unter hinreichend geringen Druck gelangen. Ein Vulkan verhielte sich demnach wie ein Geyser, sofern sein Schlot eng und darum die Abkühlung des Magmas beträchtlich ist; ist der Vulkanschlot aber weit, die Abkühlung also gering, so fehlen gewaltsame Explosionen, und es tritt nur ein ziemlich ruhiges Spratzen durch entweichenden Wasserdampf auf, wie im Lavasee des Kilauea; das Ausfließen der Lava erfolgt ruhig. Veraltet ist an dieser Theorie nicht nur die Annahme von Spalten als Wasserwegen zur Tiefe, sondern auch die einer Abhängigkeit der vulkanischen Tätigkeit von zudringendem Meerwasser, denn wie schon *A. v. Humboldt*[1]) angedeutet hat, könnte eindringendes süßes Meteorwasser dieselben Dienste tun, wie Meerwasser. Im Gegensatz zu *Arrhenius* nehmen andere an, daß der Gas- (und damit direkt oder indirekt auch der Wasser-) Gehalt des Magmas ein ursprünglicher Bestandteil desselben sei, so *G. Tschermak*[2]), *Ed. Süß*[3]), *C. Dölter*[4]) oder *R. T. Hill*[5]), während wieder andere den in vulkanischen Ausbrüchen zu Tage tretenden Wasserdampf aus der Gebirgsfeuchtigkeit der vom Magma berührten und dadurch erhitzten Gesteinsmassen der äußeren Erdkruste (also im letzten Grunde wieder aus altem, vadosen Wasser) herleiten möchten, so *I. C. Russel*[6]) oder *Elihu Thompson*[7]). *H. J. Johnston-Lavis* dagegen nahm eine vermittelnde Stellung ein[8]): er meinte, daß im Magma von der Urzeit her wohl nur wenig Gasgehalt aufgespeichert wäre, daß dasselbe aber beim Aufsteigen zur Erdoberfläche im Lauf langer Zeiträume von den wasserhaltigen Gesteinen der Erdkruste sehr viel Wasserdampf aufgenommen habe.

Ganz neue Wege ging *Armand Gautier*, der zwar die Aushauchung von CO_2 und H_2 wenigstens zum Teil als kontinuierliches geologisches Phänomen[9]), als Entgasungsvorgang, auffaßt, im

[1]) Schwabens 125 Vulkanembryonen (Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde). Stuttgart 1894.

[2]) Recherches expérimentales sur le Rôle possible des gaz à hautes températures (Bull. Soc. géol. de France 1891, S. 313 ff.).

[3]) Zur Physik des Vulkanismus. Geologiska Föreningens in Stockholm Förhandlingar. Bd. 22, S. 395 ff. Stockholm 1900.

[4]) Theoretische Geologie. Wien 1888.

[1]) Kosmos *I*, S. 253.

[2]) Über den Vulkanismus als kosmische Erscheinung. Sitzungsberichte d. k. Ak. d. Wiss., Math.-nat. Kl. Bd. 75. Wien 1877, S. 153 u. 163.

[3]) A. a. O. und Antlitz der Erde. III, 2 S. 663.

[4]) Zur Physik des Vulkanismus. Sitzungsberichte d. k. Ak. d. Wiss., Math.-nat. Kl. Bd. *102*. Wien 1903, S. 681 ff.

[5]) Bull. Geol. Soc. of America. *XVI*, 1905. S. 243 ff.

[6]) Volcanos of Northamerica. New York 1897. Kap. 7 Theoretical.

[7]) Science *XXIV*, 1906, 16. Aug. S. 161 ff.

[8]) Geol. Magazine, New Series, Dec. V. Vol. *VI*, S. 433—442.

[9]) Comptes rendus de l'Acad. Sciences Paris *142*, S. 1382.

übrigen aber auf Grund wichtiger Experimente[1]) die vulkanischen Gase, einschließlich des Wasserdampfes, aus alten Gesteinen herleiten wollte, die durch mechanische Wärmeerzeugung (infolge innerer Einstürze) oder durch Zutritt glutflüssigen Magmas (infolge seitlicher Pressung) erhitzt worden wären[2]). *Gautier* hatte festgestellt, daß bei 100° Mineralsäuren, bei 300° auch reines Wasser aus Granit und anderen Eruptivgesteinen erhebliche Mengen von Gasen, darunter auch viel Wasserstoff, freimachen. Beim Erhitzen zur Rotglut im luftleeren Raum gaben 1000 g Granit, pulverisiert und bei 250—300° getrocknet, im Durchschnitt 3162 cbcm Wasserstoff und mäßige bis geringe Mengen von CO_2, CO, CH_4, N und H_2S; ähnliche Ergebnisse wurden beim Erhitzen von Porphyr, Ophit und Lherzolit gewonnen. Außer diesen Gasen wurde bei Erhitzen von Eruptivgesteinen auf 500—600° auch das Konstitutionswasser frei und bei 1000° gab 1 l Granit etwa 20 l verschiedene Gase und 89 l Wasserdampf ab; erstere Gase waren den Fumarolenprodukten sehr ähnlich, die *Fouqué* von Santorin 1866 und *Moissan* vom Mont Pelé 1902[3]) untersucht hatten. Nach *Gautier* ist der in den vulkanischen Gasen enthaltene Wasserdampf als das frei werdende Konstitutionswasser fremder Gesteine aufzufassen; das Magma würde höchstens die Rolle eines Heizmittels spielen, soweit nicht mechanische Wärmeentwicklung dafür einträte.

Während eine weitverbreitete Meinung das Magma, *Gautier* dagegen *alte* Gesteine als Mutter der vulkanischen Gase ansah, hält *Albert Brun*[4]) dafür *junge* Eruptivgesteine, die bei Erhitzung ihre Gase von sich geben. Er kam auf Grund zahlreicher Laboratoriumsversuche zu der Überzeugung, daß *Wasserdampf unter den vulkanischen Gasen überhaupt fehle.* Die ersten Zweifel an der Rolle des Wasserdampfs im Rahmen der vulkanischen Erscheinungen waren *Brun* gekommen, als er zusammen mit *A. Jaquerod* Obsidian von Lipari im luftleeren Raum erhitzte und feststellte, daß das Gas, das Obsidian zu Bimstein aufblähte, nicht Wasserdampf, sondern in der Hauptsache Salzsäure war. Indem er nun annahm, daß die Gase, die bei Erhitzung junger Eruptivgesteine entweichen, mit denjenigen übereinstimmen, die bei vulkanischen Paroxysmen ausgehaucht werden, und daß auch die Temperaturen in beiden Fällen die gleichen seien, glaubt er nicht nur die Explosionstemperaturen, sondern auch die Gase vulkanischer Ausbrüche im Laboratorium nachträglich feststellen zu können. Daß die hierbei gefundenen Gase stark von denen verschieden sind, die man am Mont Pelé und auf Santorin gefunden hatte, und auch nicht vereinbar sind mit den Erfahrungen *F. A. Perrets*[1]), der die vulkanischen Paroxysmalaushauchungen für atembar erklärte, störte *Brun* nicht. Unter den im Laboratorium freigemachten vulkanischen Gasen fand sich Wasserdampf nicht, aber *Brun* prüfte auch in der Natur an zahlreichen tätigen Vulkanen nach, ob seine Ansicht vom Fehlen des Wasserdampfs in den Ausbrüchen begründet sei: Am Vesuv stellte er im April 1906 fest, daß am Kraterrand keine feuchten Fumarolen vorhanden waren und daß die Aschen in der Nähe völlig trocken fielen; den bei Resina gefallenen Schlammregen erklärte er als örtliche Erscheinung, hervorgerufen durch Abschirmung der Sonnenstrahlen. Die frisch gefallene Asche war weiß und nicht oxydiert (während Wasserdampf die Ferroverbindungen hätte in dunkle Ferriverbindungen überführen müssen); die Chlorverbindungen der Aschen waren unzersetzt und trocken. Am Kilauea (Hawaii) stellte er fest, daß die Dämpfe des Lavasees feuchtigkeitsärmer waren als die freie Atmosphäre; sein Schatten, von der Sonne auf die Dämpfe geworfen, wies keinen farbigen Ring auf, wie bei den feuchten Fumarolendämpfen der Nachbarschaft. Auf Java fand er am Bromo, daß die aschenfördernden Auswürfe nicht genug Wasserdampf enthielten, um die relative Feuchtigkeit der Gase im Innern der Auswurfsmassen erkennbar zu erhöhen; am Semeroe stellte er fest, daß am tätigen Mundloch keinerlei Kondensation von Wasser stattfand und die Aschen trocken fielen. — Untersuchungen auf den kanarischen Inseln (Pico de Teyde und Timanfaya) gaben ihm die Überzeugung, daß das Wasser der Vulkane nur ein „Epiphänomen" sei: das Gegenteil der bisherigen Annahmen!

Die Frage ist aber, ob man die Schlußfolgerungen *Bruns* als richtig anerkennen darf, wie es *K. Schneider*[2]) tut und *F. v. Wolff*[3]) zu tun geneigt war. *W. Prinz*[4]) hat freilich angesichts der Vesuvausbrüche von 1906 die Wahrscheinlichkeit starken Wasserdampfgehalts energisch bestritten, aber im Anblick derselben Erscheinungen hat *O. Jaekel*[5]) geradezu die Wasserdampfexplosion als die wesentlichste Kraftäußerung tätiger Vulkane erklärt. Und während *A. Lacroix*[6]) in den Glutwolken des Mont Pelé viel Wasserdampf vermutete, konnte ich am gleichen Vulkan gelegentlich des Ausbruchs vom 26. März 1903 keinerlei klare Anzeichen davon bemerken.

[1]) Ebenda *131*, S. 647, 965, 1276, *132*, S. 58, 189, 740, 932, *136*, S. 16 u. a.

[2]) Théorie des Volcans. Bull. Soc. Belge de Géologie *XVII*, 1903, S. 555 ff.

[3]) Comptes rendus Ac. Science *132*, S. 60.

[4]) Zahlreiche Aufsätze in den Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève 1901—1910; Zusammenfassung in: Recherches sur l'exhalaison volcanique, Genève et Paris 1911.

[1]) Americ. Journal of Science, XXXIV, S. 146.

[2]) Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911, S. 39.

[3]) Der Vulkanismus I. Stuttgart 1913, S. 86 ff. Später (S. 567 u. 700) änderte er freilich seine Ansicht.

[4]) L'éruption du Vésuve d'avril 1906. „Ciel et terre", Bruxelles 1906.

[5]) Bilder von der letzten Eruption des Vesuv. Naturwiss. Wochenschr. 1906.

[6]) La Montagne Pelée et éruptions. Paris 1905, S. 200, 647.

Julius Stoclasa[1]) leugnet zwar das Vorkommen von Wasserdampf nicht, glaubt aber, daß er nebst CO_2 durch Verbrennung von Kohlenwasserstoffen des Magmas entstehe.

A. Brun, der die so oft für Wasserdampf gehaltenen weißen Ausbruchswolken für Chloriddämpfe erklärt, konnte in vielen Fällen ihr Nichtauflösen in der Luft feststellen, und am Semeroe auf Java konnte ich, 1908, kurze Zeit nach seiner Anwesenheit die Richtigkeit dieser Beobachtung bestätigen[2]). Während der Tätigkeit des Santa Maria in Guatemala 1902 hatte ich dagegen neben zahlreichen Aschenausbrüchen, die dem Auge keine erkennbare Spur von Wasserdampf zeigten, eine größere Zahl von zweifellosen, ebenfalls plötzlich zu mehreren Kilometern Höhe aufsteigenden Wasserdampfausbrüchen beobachtet[3]), deren prachtvolle, glänzend weiße Wolkenmassen sich nachher spurlos in der Luft auflösten; allmählich wurden diese Dampfausbrüche immer häufiger; ob es sich dabei um explosive Entfernung zugeströmten atmosphärischen Wassers handelte, weiß ich nicht; die erste große Haupteruption war ein Aschenausbruch gewesen.

Die Beispiele zeigen, daß der Augenschein meist keine sichere Auskunft über die Anwesenheit von Wasserdampf in Ausbruchswolken geben kann. Untersuchungen von *E. Lottermoser*[4]) über den Regenfall Guatemalas zeigten, daß die Tätigkeit des Santa Maria jedenfalls den Regenfall dieser Gebiete *nicht* in erkennbarer Weise beeinflußt hat, während *K. Wegener*[5]) auf theoretischem Wege für den Matavanu auf Hawaii zu gleichem Ergebnis kam.

Um die Frage nach dem Vorhandensein von Wasserdampf im Magma zu lösen, müssen exakte Untersuchungen vorgenommen werden. Die erste Möglichkeit einer solchen bot *F. A. Perret*[6]), der im Juli 1911 aus dem Lavawirbel „Old Faithful" des Kilauea-Lavasees eine Lavaprobe entnahm. *A. Brun*[7]) untersuchte eine Probe davon aufs sorgfältigste und fand, daß diese Lava nicht völlig oxydiert war; die darin enthaltenen Substanzen würden bei der hohen Temperatur der Lava in Kontakt mit der Luft brennen und CO sowie *Wasser von außermagmatischem Ursprung* bilden. *Brun* kommt zu dem Schluß, daß das Kilaueamagma, abgesehen von etwaigen Enklaven, wasserfrei sei. Einen sehr energischen Vorstoß gegen *Bruns* Anschauungen unternahmen die amerikanischen Forscher *A. L. Day* und *E. S. Shepherd*[8]), die im Jahre 1912 am Kilauea ihre Studien trieben. Es gelang ihnen festzustellen, daß die weiße Wolke über dem Lavasee aus unverbranntem feinverteilten Schwefel besteht, nicht aus Chloriden, wie *Brun* glaubte; zudem zeigten sie, daß *Bruns* hygrometrische Messungen der Beweiskraft entbehren, weil sie in einer Atmosphäre vorgenommen wurden, die trocknende Substanzen (SO_2 und SO_3) enthält. Schließlich haben sie am 12. Mai 1912 aus einem jungen Spratzkegel, unfern des Lavasees, Gase auffangen können, die vorher nicht mit Luft in Berührung gekommen sein konnten: *sie enthielten Wasser in ansehnlicher, wenn auch quantitativ nicht bestimmter Menge;* dieses Wasser glaubten die beiden Forscher mit großer Wahrscheinlichkeit als einen ursprünglichen Bestandteil des Magmas ansehen zu dürfen. *F. v. Wolff*[1]) bemerkt dazu, daß die gleichzeitige Anwesenheit von H_2 und CO_2 zu Wasserbildung führen müsse: $H_2 + CO_2 \rightleftarrows CO + H_2O$, und daß die aufgefangenen Gase noch nicht im Zustand des Gleichgewichts waren.

A. Brun selbst hat erst nach längerer Pause, die er zur Anstellung wichtiger Untersuchungen verwendete, zu den Ergebnissen der Day-Shepherdschen Forschungen Stellung genommen[2]). Zunächst stellt er vom theoretischen Standpunkt aus die Ansicht auf, daß das geologische Verhalten gegen die wässerige Theorie wäre, da Wasser das Magma oxydieren müßte, während der Naturbefund dagegen spreche. Dann studierte er experimentell das Verhalten zwischen Wasser und Silikaten (besonders eisenhaltigen): er erhitzte Lava zu bestimmter Temperatur, führte Wasserdampf von bekanntem Druck zu und sammelte die Produkte der Reaktion. Er fand dadurch, daß Wasser nicht ohne Einwirkung auf ein Magma sein könnte, wenn es darin vorhanden wäre: etwaige Ferrosalze würden in Ferrisalze übergeführt (Hämatit Fe_2O_3, Spinell Fe_3O_4); auch Enklaven könnten eine ähnliche Rolle spielen. Viele Versuche mit Obsidianen zeigten Oxydation und damit Dunkelfärbung durch Wasser; da aber die Bimssteine in der Natur hell sind, so verraten sie also nach *Brun* das Fehlen einer Wassereinwirkung. Er bleibt also dabei, daß das Eruptivphänomen wasserfrei sei.

Da *Day* und *Shepherd* eine Einwirkung des Wassers auf Lava und basische Laven bei 1100° leugnen, so zweifelt *Brun* an der Genauigkeit ihrer Arbeiten und hebt hervor, daß rote Schlakken durch postvulkanische Wirkung heißen, sauren Wassers entstünden bei Temperaturen, bei denen das Eisen sich nicht verflüchtigen könne.

Während *Day* und *Shepherd* das von der Kilauealava gewonnene Wasser für magmatisch erklären (umsomehr, als unter den Gasen Argon fehlt), macht *Brun* geltend, daß Wasserdampf und Wasserstoff entstehen könnten entweder durch Einwirkung

[1]) Chemiker-Zeitung 1906. *30.* Nr. 61.

[2]) Centralblatt für Min., Geol. u. Pal. 1909, S. 614.

[3]) In den Vulkangebieten Mittelamerikas und Westindiens. Stuttgart 1905, S. 105 f.

[4]) Die Regenverhältnisse Mittelamerikas. Diss. Tübingen 1911, S. 44. Anmerkung.

[5]) *Gerlands* Beiträge zur Geophysik. XI. Kl. Mitt. S. 139.

[6]) Am. Journ. of Science. XXXVI, S. 475.

[7]) Ebenda 484 ff.

[8]) Water and volcanic activity. Bull. Geol. Soc. of America. 1913, S. 573—606.

[1]) A. a. O., S. 700.

[2]) Action de la vapeur d'eau à haute température sur les roches éruptives. (Archives Sc. physiques Genève Mai 1916, S. 401—418.)

äußeren Wassers auf glühende Lava oder durch Wiedererwärmung solfatarischer Sande oder durch Verdauung einer Tiefenenklave. Die Gase, die *Day* und *Shepherd* am Kilauea erhielten, erklärt *Brun* für eine Mischung magmatischer Gase mit Gasen, die aus der Einwirkung fremden Wassers auf glühende Laven entstanden seien.

I. Friedländer[1]) weist seinerseits darauf hin, daß *Day* und *Shepherd* ihre Gase nicht dem Lavasee selbst, sondern einem Spratzkegel entnahmen und meint, daß damit die Frage nach dem Ursprung des Wassers noch nicht endgültig gelöst sei, denn „*Green* hat bereits die Vermutung ausgesprochen, daß die Spratzkegel zustande kämen, wenn Gase, namentlich Wasserdampf, aus der Atmosphäre resp. in die Tiefe gesickertes Regenwasser absorbiert werden". Aber an anderer Stelle[2]) hebt er hervor, daß es *R. Zünckel*[3]) und *W. Hempel*[4]) gelungen ist, Obsidian durch Einschmelzen entsprechender Glassätze unter hohem Wasserdampfdruck synthetisch herzustellen. Es ist damit nachgewiesen, daß entgegen der Brunschen Ansicht Obsidianbildung unter Mitwirkung von Wasser entstehen kann.

So ist denn *die Frage nach der Rolle des Wasserdampfs noch keineswegs geklärt.* Das große Laboratorium der Natur ist unserer unmittelbaren Beobachtung eben entzogen, und es ist kein Zweifel, daß unter den außerordentlich mannigfaltigen chemischen Einwirkungsmöglichkeiten unter Druckverhältnissen, die zum Teil unserer Technik nie erreichbar werden dürften, chemische Umsetzungen in sehr verschiedenartiger Weise erfolgen können. Ein und derselbe Körper kann sich sehr wohl auf verschiedenen Wegen bilden, und es erscheint kühn, auf Grund unserer Experimente jetzt schon theoretische Schlußfolgerungen größter Tragweite aufbauen zu wollen. So muß ich denn bei aller Anerkennung der wichtigen Untersuchungen *Bruns* (deren außerordentlicher Wert nie herabgesetzt werden könnte, auch wenn die Schlußfolgerungen sich als irrig erweisen sollten!) doch der Meinung zuneigen, daß das Problem ohne gründliche weitere Untersuchungen nicht gelöst werden kann. Der wissenschaftliche Streit zwischen dem Schweizer und den amerikanischen Forschern wird sicherlich zu neuen Laboratoriumsversuchen und Feldbeobachtungen führen, die unser gesichertes Tatsachenmaterial wesentlich bereichern werden. Daß aber bei den hohen Explosionstemperaturen der Vulkanausbrüche Wasserdampf als solcher zunächst nicht in den magmatischen Gasen enthalten ist, durfte man übrigens schon aus den alten Beobachtungen *St. Claire Deville's*[5]) schließen, der gefunden hatte, daß Fumarolen von mehr als 500° C trocken sind.

[1]) Zeitschrift für Vulkanologie, III, S. 9.
[2]) Ebenda S. 259.
[3]) Einwirkung von Wasser und Kohlensäure unter Druck auf schmelzflüssige und feste Silikate bei hohem Druck. Weimar 1914.
[4]) Zeitschrift für angewandte Chemie. *29*, S. 173 ff.
[5]) Bull. Soc. geol. de France 1856/57. *142*, S. 254 ff.

Submikroskopische Experimentalphysik[1]).

(Bericht über die Ehrenhaftschen Arbeiten aus der Physik des Millionstel-Zentimeters.)

Von Dr. D. Konstantinowsky, Wien.

(Fortsetzung.)

§ 19. Die Streitfrage über die Konstitution der Elektrizität. — Der Vergleich der Ehrenhaftschen Messungen des elektrischen Zustandes seiner Probekörper mit den Vorstellungen, welche die gegenwärtige Theorie der Elektrizität, die *Elektronentheorie*, beherrschen, hat zu einem Widerspruche geführt. Die Behauptung der Elektronentheorie geht dahin, daß Elektrizität nur in Form von positiven oder negativen, aber stets gleich großen und unteilbaren Quanten der Größe $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E., den Elektronen, vorkommen kann. Daraus folgt, daß sich Ladungen, welche, wo immer in der Natur an festen Körpern, an Flüssigkeiten oder in Gasen auftreten, entweder als Elektronenladung oder deren Vielfache erweisen müssen. Bruchteile der Elektronenladung wären nicht existenzfähig; ebenso könnten Ladungen, welche sich nicht als ganzzahlige Vielfache der Elektronenladung darstellen lassen, in der Natur nicht aufgefunden werden. Diese Vorstellungen hat die Elektronentheorie, wie erwähnt, auf so verschiedene Gebiete der Physik angewendet, daß der Begriff des Elektrizitätsatomes namentlich in letzter Zeit in den Mittelpunkt physikalischen Denkens getragen wurde. *Ehrenhaft* hingegen findet an seinen einfachen Experimenten, daß die Ladungen seiner Probekörper sich nicht als Vielfache der erwähnten Elektronenladung darstellen lassen, ja daß Ladungen gefunden werden können, welche bis zu 2000 mal kleiner als die durch die Elektronentheorie für unteilbar postulierte sind.

Die weittragende Bedeutung dieses scheinbaren Widerspruches hat begreiflicherweise die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf sich gelenkt und lebhafte Diskussionen hervorgerufen, die sich nunmehr fast ein Jahrzehnt hindurch in der Fachliteratur abspielen, ohne daß die Diskrepanz zwischen den Vorstellungen der Elektronentheorie und den Messungsergebnissen *Ehrenhafts* behoben werden konnte. Es erscheint daher von Interesse, den gegenwärtig vorliegenden Stand der Frage in einer auch für Nichtfachleute zugänglichen Form wenigstens in großen Zügen zu skizzieren.

Irgendein Experiment wird dann als Stütze der Elektronentheorie angesehen werden können, wenn es eine rechnerische Behandlung zuläßt, welche auf Grund der Vorstellung eines Elektrizitätsatomes mit der Ladung $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. die errechneten Daten mit der Beobachtung in Übereinstimmung bringt. Der gleiche Gedankengang muß, in umgekehrter Richtung durchlaufen, mit mehr oder minder guter Annäherung aus den Beobachtungsdaten des Experimentes ein Elektron

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Heft 29 u. 30.

der erwähnten Größe errechnen lassen. Man wird daher die die Physik seit einigen Jahren in Spannung haltende Frage wohl am klarsten so stellen dürfen:

Welcher Art sind die Experimente, deren Deutung zu einem Elektrizitätsquant der Größenordnung von $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. geführt haben und wie verhalten sie sich zu den Ehrenhaftschen?

Eine Reihe von Versuchen, welche in der Absicht unternommen wurden, die Größe des elektrischen Elementarquantums festzustellen, hat Herr Geheimrat Prof. *W. König* in seinem Aufsatze: Der Streit um das Elektron[1]) in erschöpfender Form besprochen. Wir wollen daher auf diese Versuche nur so weit zurückkommen, als es zum Verständnis der vorliegenden Frage notwendig erscheint.

§ 20. Versuche zur Bestimmung des Elektrons aus elektrischen Ladungen. — Die ältesten unter ihnen befassen sich mit Ladungen, welche eine durch plötzliches Kondensieren von Wasserdampf erhaltene und aus sehr vielen, etwa 10^{-4} cm großen Wassertröpfchen bestehende *Nebelwolke* aus dem umgebenden Gase einfängt. Da man von diesen Versuchen den Nachweis dafür erwartete, daß die kleinsten Ladungen im Gase mit jenen identisch sein werden, die man aus der Zerlegung von Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom errechnen konnte, erfreuten sie sich begreiflicherweise einer ganz besonderen Bedeutung, ja man glaubte in ihnen gleichsam eine Art experimentum crucis über die Existenz oder Nichtexistenz des Elektrons erblicken zu können.

Mit dem Ehrenhaftschen Experimente verglichen, fallen zunächst zwei wesentliche Nachteile der *Nebelmethode* auf.

Zunächst ist der Ehrenhaftsche Probekörper 50—100 mal kleiner und daher der interessierenden molekularen Größenordnung ebensovielmal verwandter als der Wassertropfen der Wolke.

Der zweite Nachteil der Nebelmethode lag in den Voraussetzungen über die Gleichheit von Größe und Ladung der Tröpfchen, die tatsächlich nicht erfüllt sind, so daß die errechneten Zahlen bloß *Durchschnittsladungen* entsprechen würden.

Zudem stellte sich noch wider Erwarten heraus, daß für eine atomistische Deutung eigentlich jede neue Versuchsreihe mit bereits bekannten in Widerspruch kam. Die errechneten mittleren Ladungen (z. B. einmal $6{,}5 \cdot 10^{-10}$ e. st. E., ein andermal $3{,}1 \cdot 10^{-10}$ e. st. E., dann wieder $4{,}6 \cdot 10^{-10}$ e. st. E.) führten nämlich stets zu anderen Werten für die Elektronenladung, wobei jeder neu gefundene Wert mit bereits bekannten unvereinbar war.

Bald nachdem die Ehrenhaftschen Experimente bekannt wurden, verließ man die Nebelmethode und ging zur hypothesenfreieren Ehrenhaftschen Methode der Bestimmung von *Einzelladungen* über. Heute können die Resultate der Nebelmethoden eher als Argument gegen das Elektron, zumindest aber nicht als Argument für dasselbe angesehen werden.

Der experimentelle Befund bei allen daraufhin unternommenen *Ladungsbestimmungen an Einzelteilchen* war bis auf eine, von der noch die Rede sein wird, offensichtlich der gleiche wie bei *Ehrenhaft;* qualitative Unterschiede in den Resultaten können auf die ungleiche Genauigkeit der Beobachtung und die verschiedene Größe der beobachteten Probekörper usw. zurückgeführt werden. Wenn nun trotzdem eine größere Zahl der Beobachter ihre Ergebnisse nicht im Widerspruche mit dem vermuteten Elektron zu sehen glaubte, so geht das darauf zurück, daß sie zur Deutung der Experimente zu Annahmen griffen, die sich mit einer strengen Überprüfung der Frage, ob die Elektrizität atomistisch konstituiert ist, nicht vertragen. Die folgenden Ausführungen sollen einige der am häufigsten vorkommenden Irrtümer an typischen Beispielen zeigen.

So erblickte ein Beobachter in der von ihm gemessenen Ladung $e = 7{,}6 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. zwei, in derjenigen von $e = 5{,}6 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. ein Elementarquantum. Für den Unbefangenen ist die Differenz der beiden Ladungen, $2{,}0 \cdot 10^{-10}$ e. st. E., als die Hälfte des als unteilbar vermuteten Quantes mit der Elektronenvorstellung unvereinbar. Ein anderer Autor will sogar in der Ladung von $11{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. nur zwei und in der von $11{,}8 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. (Differenz $0{,}1 \cdot 10^{-10}$ e. st. E.) schon 3 Elektronen sehen! Solche Widersprüche werden durch die sorgsam ordnende Hand des Deuters geglättet, indem (für die erwartete Elektronenladung) zu kleine und zu große Ladungen zu einem *Mittelwerte* passend zusammengefaßt werden, so daß es eigentlich nur mehr von der Zufälligkeit der experimentellen Resultate und der Geschicklichkeit des Rechners abhängt, wie weit jedes beliebige „Elektron" durch den schließlichen Mittelwert „bestätigt" werden kann. Es hieße wohl den obersten Grundsatz naturwissenschaftlichen Forschens, den der Objektivität, verleugnen, wollte man in einer solchen „Bestimmungsmethode" mehr als ein Rechenexempel erblicken.

Andere Autoren suchen derartige Widersprüche dadurch zu umgehen, daß sie Beobachtungen, welche mit dem erwarteten Elektronenwerte schwer oder gar nicht in Einklang zu bringen sind, einfach *ausmerzen*. Als Begründung führen sie an, daß die Partikel, an welchen die fraglichen Ladungen gemessen wurden, nicht die der Berechnung zugrunde gelegte Form (Kugelgestalt oder Dichte) besäßen. Da aber keiner dieser Autoren auf Grund eines Kriteriums anzugeben vermag, daß z. B. ein herausgegriffenes Partikel keine Kugelgestalt habe, bleibt es einzig und allein der Willkür des Rechners überlassen, welche der beobachteten Ladungen in das Endresultat einbezogen werden. Daß sich unter solchen Voraussetzungen jede beliebige Elektrizitätsladung als

[1]) Diese Zeitschr. 5, 373 u. 497, 1917.

Elektronenladung nachweisen läßt, braucht nicht erst hervorgehoben werden.

Eine andere Art willkürlicher Deutung tritt dort auf, wo Ladungen gemessen werden, die im Verhältnis zum vermuteten Elementarquante groß sind und wo es sich demnach darum handeln würde, diese Ladungen eventuell als *Vielfache einer Elementarladung* zu erkennen. Wir wollen an einem tatsächlichen Versuchsergebnisse den Gegensatz zwischen der allgemein üblichen Deutungsart und jener *Ehrenhafts* vergleichen.

An einem Probekügelchen werden die beiden Ladungen $e_1 = 48{,}3 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. und $e_2 = 17{,}3 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. gefunden. Die übliche Deutung der Messungen würde etwa folgendermaßen gelautet haben: $e_1 = 48{,}3$ als $n_1 = 10$-fache und $e_2 = 17{,}3 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. als $n_2 = 4$-fache Elektronenladung aufgefaßt, führen zu Werten für diese Ladung, welche mit der bereits bekannten von $4{,}7 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. auf weniger als 3 bzw. 9% übereinstimmen. Die Versuche bestätigen also aufs neue die Existenz eines solchen Elementarquantums.

Anders *Ehrenhaft*; um zu ermitteln, welcher Art die Zusammensetzung der beiden gefundenen Ladungen sein könnte, müssen sie auf der „elektrischen Wage" (§ 16) eingeengt werden. Man findet so für die Verhältnisse der Vielfachheitszahlen $2{,}743 < \frac{n_1}{n_2} < 2{,}834$ und für diejenige der ersten Ladung e_1 zu einer gemessenen dritten e_3, $0{,}456 < \frac{n_1}{n_2} < 0{,}475$.

Die kleinstmöglichen ganzen Zahlen, die Mindestvielfachheiten, aus denen die drei Ladungen des Probekügelchens zusammengesetzt gewesen sein müssen, sind $n_1 = 22$, $n_2 = 8$, $n_3 = 17$.

Eine Atomistik der Elektrizität ist demnach nur dann denkbar, wenn das Elektron kleiner oder höchstens gleich der Ladung von $\frac{48{,}3}{22} = 2{,}2 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. gesetzt wird. Insbesondere ist ein Elementarquantum mit der Ladung $4{,}7 \,.\, 10^{-10}$ e. st. E. unmöglich. Nunmehr überblickt man auch ganz deutlich den Unterschied der beiden Schlüsse. Der eine besteht darin, daß man die Vielfachheiten der Ladungen nach dem als bereits bekannt vorausgeschickten Elektron *aussucht*, also gewissermaßen das bereits voraussetzt, was dem Versuche erst entnommen werden soll. Die andere gelangt auf vollkommen *objektivem* Wege, der keine andere Voraussetzung als die der Existenz kleinster und gleicher Quanten überhaupt voraussetzt, zu den Mindestvielfachheiten für die Ladungen. Daß von den beiden Schlußweisen nur die zweite eine Naturerkenntnis beinhaltet, ist klar.

Lassen die bis nun erwähnten Gruppen von Versuchen die nötige Präzision im Experimente und Objektivität in der Deutung vermissen, so sind namentlich in Amerika Bestimmungen ausgeführt worden, welche durch die für ihre Resultate angegebene Genauigkeit berechtigtes Erstaunen erregten. Allerdings wurden auch bei ihnen im Hinblick auf ein vermutetes Elektrizitätsatom Beobachtungen, welche die Ehrenhaftschen Schlüsse bestätigten, ausgemerzt, obwohl außer der Nichtübereinstimmung mit der geltenden Theorie auch hier ein Kriterium hierzu nicht vorlag. Nun sind Erscheinungen, die wir unter dem physikalischen Sammelbegriffe „elektrische Ladungen" vereinen, in der Natur gewiß weitaus häufiger als wir vermuten, geschweige denn als wir sie der messenden Beobachtung unterziehen können. Alle diese Erscheinungen sollen der Theorie nach das Gemeinsame des Aufbaues aus dem gleichen elektrischen Elementarquantum haben. Was will es daher besagen, wenn selbst ein und derselbe Beobachter trotz der vermuteten Universalität des Elektrons nur dann in seinen Beobachtungen Einklang zu finden vermeint, wenn er diese Erscheinungen an einem ganz bestimmten Materiale (Öl) und in einer ganz bestimmten Größenordnung untersucht?

Wenn zudem durch Wiederholung der Versuche von seiten anderer Autoren sowie durch Berechnungen an den amerikanischen Meßreihen selbst auch an diesem „Standard"-Präparate (Öl) der Ehrenhaftsche Befund wiedergefunden wurde?

Derartige Experimente scheinen daher nicht geeignet, Schlüsse von einer Tragweite zu stützen, wie sie die Universalität eines elektrischen Elementarquantums mit sich bringen würde.

Fassen wir zusammen, so spiegeln alle bis nun zum Vergleiche herangezogenen Experimente, obwohl ihre Daseinsberechtigung im genauen Gegenteile, nämlich in der Festlegung eines bestimmten Wertes für die atomare Elektrizitätsladung gelegen gewesen wäre, den Ehrenhaftschen Befund insofern wieder, als sie bei entsprechend kritischer Betrachtung alle zu dem Ergebnis führen, daß ein Elektrizitätsatom in der vermuteten Größe nicht denkbar ist; so weit das aus den Beobachtungen einzelner nicht mit voller Deutlichkeit hervorgeht, haben verwandte Versuche anderer auch nicht annähernd das Gefundene zu bestätigen vermocht, vielmehr zugunsten *Ehrenhafts* entschieden.

§ 21. Die Experimente der Elektronentheorie zur Bestimmung der Elektronenladung. — Was nach dem Erörterten noch in scheinbarem Widerspruche mit den Ehrenhaftschen Experimenten bleibt, ist die Deutung eines großen Komplexes physikalischer Erfahrung, die ihr Entstehen nicht der Absicht, einen bestimmten Elektronenwert sicherzustellen, verdankt, sondern aus welcher die Elektronentheorie geboren und an welcher sie groß wurde.

Wird der Physiker befragt, welche Tatsache unter den vielen als genügendes Argument der Ehrenhaftschen Behauptung gegenüber dienen kann, so ergeht es ihm wie dem Manne, der seinen Söhnen an einem Bündel von Stäben die Macht der Einigkeit zeigen will. Solange er seine Tatsachen durch das — sei es nun künstliche oder in der Natur der Erscheinungen begründete — eini-

gende Band der Elektronenvorstellung zusammenhält, scheinen sie ihm stark und überzeugend genug, um als Beweismittel dem Drucke des Ehrenhaftschen Experimentes gegenüberzutreten. Sowie er aber jede einzelne einer Belastungsprobe unterwerfen will, lassen sie ihn im Stiche und er findet kaum eine Handvoll Messungen, die in der Frage über Existenz oder Nichtexistenz eines Elektronenwertes von $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. mit der Kraft der Ehrenhaftschen Argumente auch nur in Konkurrenz gebracht werden könnten.

Der älteste Versuch, derjenige, aus welchem der Gedanke an eine Atomistik der Elektrizität entsprungen war, ist das bekannte *Faradaysche Erfahrungsgesetz der Zerlegung von Flüssigkeiten* durch den elektrischen Strom. Nimmt man an, daß mit jedem an die positive Stromzuleitungsplatte getragenen kleinsten Bausteine der Materie (Atome oder Atomgruppe) je nach seiner chemischen Valenz ein oder mehrere kleinste Bausteine der Elektrizität abgeschieden werden, so versteht man leicht, warum mit gleichen Elektrizitätsmengen (Anzahlen von Elektronen) die gleichen oder äquivalenten Mengen irgendeines Stoffes (Anzahlen von Atomen oder Atomgruppen) transportiert werden.

Das Gewicht eines einzelnen oder weniger abgeschiedener Materieatome konnte nun ebensowenig bestimmt werden, als die Elektrizitätsmenge gemessen werden konnte, welche das einzelne oder wenige Atome mit sich geführt hatten; zur messenden Verfolgung des Einzelvorganges reicht die Genauigkeit unserer Beobachtungsinstrumente nicht aus. Hingegen können wir beispielsweise jene Elektrizitätsmenge (das Faraday) messen, welche bei der Ausscheidung eines Grammatomes die Flüssigkeit passiert hat; da in jedem Grammatom eine zwar ungeheuer große, aber stets gleiche Anzahl von Atomen vorhanden ist (Avogadrosche Hypothese), so kann man leicht die Durchschnittsladung finden, die mit einem Atome gewandert sein müßte, wenn die Anzahl der Atome eines Grammatomes[1]) bestimmt wird. Selbstverständlich haften derartigen Rechnungen neben den Unsicherheiten, welche die jeweilige Ermittlung der Atomzahl pro Mol mit sich bringt, alle Zweifel an, die man einer Durchschnittsmessung entgegenbringen muß. Die erhaltenen Angaben beziehen sich eben nur auf die Ladungen, welche von den wandernden Atomen oder Atomgruppen *im Mittel* getragen werden; über die Größe einer einzelnen Ladung und insbesondere über die Gleichheit der Einzelladungen untereinander, auf welche es hier besonders ankäme, geben sie uns keinen Aufschluß.

Der Zerfall der sogenannten radioaktiven Stoffe ist stets mit einer Emission unsichtbarer Strahlen verbunden, welche z. B. Sidotsche Blende zum Aufleuchten bringen oder die photographische Platte schwärzen. Unter den dabei auftretenden Arten von Strahlen werden *die β-Strahlen* von einem elektrischen Felde derart abgelenkt, als wären sie rasch bewegte negativ elektrische Teilchen. Auf die gleiche Weise erwiesen sich die Wirkungen, welche z. B. vom negativen Pole einer Röntgenröhre ausgehen, die sogenannten *Kathodenstrahlen*, als rasch bewegte negative Ladungen.

Die Messung der Größe der Ablenkungen ergibt in beiden Fällen bei bekanntem elektrostatischen und magnetischen Felde die mittlere Geschwindigkeit der bewegten Partikel und den Mittelwert des Verhältnisses ihrer Masse zu der von ihnen getragenen Ladung. Da jedoch Messungen der Masse eines solchen Kathoden- oder β-Strahlteilchens ausstehen, konnte auch keine Bestimmung der von ihnen getragenen Ladung vorgenommen werden. Mit Sicherheit hingegen läßt sich aus den Versuchen schließen, daß die Teilchen im Verhältnis zu ihrer Masse viel höher aufgeladen sein müssen als man dies bei den, den elektrischen Strom in Flüssigkeiten darstellenden gewohnt war. Nahm man daher trotzdem an, daß die bewegten Teilchen die niedrigste nach der Elektronentheorie noch zulässige Ladung, d. h. ein Elektron mit der Ladung um $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. tragen würden, so konnte man im Widerspruche zu allem Hergebrachten ihre Masse auch nicht annähernd mit einer der bekannten Atome oder gar einer Atomgruppe identifizieren: sie mußte vielmehr als etwa der zweitausendste Teil derjenigen des kleinsten Stoffatomes angesehen werden.

Die Erscheinungen am β- und Kathodenstrahl lassen sich demnach zwar durch verschiedene hypothetische Annahmen in das Gesamtbild der Elektronenvorstellung einreihen; einen Beweis für ein Elementarquantum bestimmter Größe ergeben sie ersichtlicherweise nicht.

Ein dem „negativen Elektrizitätsatom" ähnlich positiv aufgeladener Körper konnte nicht gefunden werden. So erwiesen sich z. B. Strahlen, welche an der durchlöcherten Anode einer Vakuumröhre auftreten, die sogenannten *Kanalstrahlen*, und eine andere von radioaktiven Substanzen ausgesendete Strahlenart, die sogenannten α-Strahlen, durch die Richtung und Größe ihrer Ablenkbarkeit im elektrostatischen und magnetischen Felde als rasch bewegte positive Ladungen, doch war ihr Ladungszustand im Verhältnis zu ihrer Masse kein derartig hoher, als bei den β- oder Kathodenstrahlen.

Da beim Zerfall von radioaktiven Stoffen gleichzeitig mit der α-Strahlung Helium nachgewiesen werden konnte, nahm *Rutherford* an, daß in ihnen rasch bewegte positiv geladene Heliumatome beobachtet werden. Wenn man die Versuche in Einklang mit den bis dahin gefundenen Werten für die atomare Elektrizitätsladung bringen wollte, mußte man folgern, daß jedes Heliumatom 2 solcher Elektronen mit sich führe. Diese Folgerung konnte inzwischen experimentell bestätigt werden, so daß vielfach die α-Strahlen-Mes-

[1]) Loschmidtsche Zahl mal Atomgewicht.

sungen als Stütze für den gegenwärtig vermuteten Elektronenwert angesehen werden. Um jedoch die Bedeutung derartiger Experimente für den Nachweis der Universalität eines Begriffes wie den des Elektrons richtig einzuschätzen, wird man nicht aus den Augen verlieren dürfen, daß bei gewissen radioaktiven Erscheinungen, wie eben beispielsweise bei der α-Strahlung, menschliche Experimentierkunst — wenigstens bis heute — in gewissem Sinne zu Ende ist; selbst durch Aufbietung der größten uns derzeit zur Verfügung stehenden Energien, durch Anwendung höchster und tiefster Temperaturen, gewaltiger Drucke sind wir bekanntlich außerstande, den Ablauf radioaktiver Reaktionen zu beschleunigen oder zu verzögern. Von diesem Gesichtspunkte aus scheint es nun allerdings weniger merkwürdig, wenn mit der beharrlichen Regelmäßigkeit, mit welcher radioaktive Erscheinungen unbeirrt durch äußere Umstände ihren Ablauf nehmen, eine Regelmäßigkeit wie die der α-Strahlung verbunden ist. Ebenso wie beispielsweise ein in der Naturseltenheit der Dobschauer Eishöhle eingeschlossener Beobachter aus der von ihm gefundenen Konstanz der Temperatur seiner Umgebung während des ganzen Jahres nicht auf eine solche auf der ganzen Erde schließen dürfte, scheint es in dieser Beleuchtung vielleicht gewagt, aus einer so ausnahmsweisen und speziellen Erscheinung wie der des radioaktiven Zerfalles ein Fundament zu einer Weltanschauung von der Universalität der heutigen Form der Elektronentheorie bauen zu wollen.

§ 22. Die Frage nach der Existenz von Elektronen. — Die übrige große Zahl der verschiedensten Experimentalergebnisse konnte zwar unter Zugrundelegung eines Elementarquantums der mehrfach erwähnten Größe rechnerisch gedeutet werden, doch stehen in den einzelnen Fällen ad hoc konstruierte Hypothesen, ungelöste Schwierigkeiten, zu wenig direkte oder genaue Beobachtungen einer Auffassung als selbständiges Argument für die Elektronenvorstellung noch weitaus mehr im Wege.

Nun scheint es ja sehr gut denkbar und vielleicht sogar wahrscheinlich, daß eine große Anzahl von Berechnungen und Experimenten, die den Sachverhalt nicht so klar überblicken lassen wie die Ehrenhaftschen, das Licht der wissenschaftlichen Welt deshalb nicht erblickten, weil sie eben im Widerspruche mit der herrschenden Theorie gewesen wären.

Ob nun tatsächlich unter gewissen, speziellen Umständen, ob nur unter diesen Umständen immer die gleichen Elektrizitätsladungen auftreten, ob Experimente und Rechnungen bereits durchgeführt, aber noch nicht veröffentlicht wurden, die sich nicht im Sinne der Elektronentheorie deuten lassen, die Lösung dieser Fragen muß der nahen Zukunft überlassen werden.

Damit eröffnet sich dem Experimentator ein reiches Arbeitsfeld mit einer Fülle von Aufgaben, denn er wird bestrebt sein, einerseits neue, möglichst direkte Methoden zur quantitativen Verfolgung von Erscheinungen zu finden, an welchen ein Effekt der elektrischen Elementarladung sich zeigen müßte, andrerseits die bereits bekannten Methoden auf eine Genauigkeit zu steigern, die der Tragweite daraus gezogener Schlüsse ebenbürtig ist. Falls diese Beobachtungen eine genügend stützende Grundlage für die Annahme eines elektrischen Elementarquantums bieten werden, wird es Sache der Theorie sein, das Zustandekommen in plausible Bilder zu bauen. Als bereits feststehende Tatsache muß jedoch aufgenommen werden, daß die einfachen und ungezwungenen Experimente *Ehrenhafts* regellos alle denkbaren Ladungen bis zum zweitausendsten Teile des bis nun unteilbar vermeinten universellen elektrischen Elementarquantes beobachten lassen, so daß von einem unveränderlich großen Elektron in der gegenwärtig vermuteten Ladung von etwa $4{,}7 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. nicht die Rede sein kann.

(Schluß folgt.)

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten der Biologie.

Vererbungsstudien an Mäusen. *(L. Plate,* Arch. f. Entwicklungsmechanik 44, 1918, S. 291—336, mit einer Tafel und 5 Textabbildungen.)

Die Abhandlung beschäftigt sich mit zwei Problemen, mit der Vererbung des Zobelanflugs bei Hausmäusen als eines Beispiels einer progressiven Mutation und mit der Vererbung der Weiß-Scheckung.

1. Von den orangefarbigen Mäusen (yellows) kommt eine Varietät vor mit dunklem Rückenanflug, welcher zobelfarbig (sable) genannt wird. Dieser dunkle Anflug tritt in sehr verschiedener Stärke auf und zeigt sich bei den jungen Tieren am intensivsten, um im Laufe des Lebens mehr oder weniger abzublassen, so daß die Zobelmaus in vielen Fällen schließlich rein orangefarbig wird. Man unterscheidet diese Abstufungen als schwarze, mittlere und gelbe Zobelmäuse. Bei den schwarzen (szbl) sind die Haare der Zobelregion in ganzer Länge schwarz. Bei den beiden anderen Sorten haben diese Haare eine gelbe Endbinde, und zwar ist bei den mittleren (mitzbl) die Haarbasis dunkel, bei den gelben (gezbl) hell. Eine scharfe Grenze läßt sich zwischen diesen 3 Sorten nicht ziehen, da sie durch Mauser allmählich ineinander übergehen. Das Tempo der Aufhellung variiert individuell außerordentlich, so daß die nächst hellere Stufe in einem Zeitraum erreicht wird, welcher zwischen 1 Monat und 2 Jahren schwankt. Die Aufhellung beginnt fast immer zuerst am hinteren Körperende und schreitet nach vorn vor. Bei 5 Individuen wurde eine nachträgliche Verdunkelung beobachtet, indem das schon aufgehellte oder bei der Geburt helle Tier allmählich wieder dunkler wurde; bei einem Exemplar hellte sich später diese zweite Verdunkelung wieder auf. Die Rückbildung des Pigments geht besonders rasch vor sich, wenn die Tiere die Faktoren Ee[1]) enthalten, und zuweilen zeigen solche Mäuse schon

[1]) E bedingt schwarze Augen und dunkle Haarfärbung, e rote Augen und hellere Färbung. Vgl. *L. Plate,* Vererbungslehre, Leipzig, W. Engelmann 1913, S. 129 ff.

bei der Geburt keinen Anflug und sind von orangefarbigen nicht zu unterscheiden. Es beruht dies auf dem pigmenthemmenden Einfluß von e, welcher besonders deutlich darin zum Ausdruck kommt, daß die rotäugigen ee-Mäuse nie einen Zobelanflug besitzen. Eine Ausnahme hiervon ist mir nur zweimal begegnet. Ebensowenig wie orangefarbige Mäuse (Y . . .) aus nicht-orangefarbigen (yy . . .) hervorgehen können, ebensowenig können Zobelmäuse (Y'y . . .) von Nicht-Zobelmäusen geworfen werden. Eine junge Maus kann aber Y' enthalten und äußerlich doch keinen Zobelanflug besitzen, entweder weil derselbe schon in sehr jugendlichem Alter wieder sich rückgebildet hat, oder weil er infolge von ee überhaupt nicht zur Entfaltung kam. Die Zobelmäuse sind als eine Varietät der orangefarbigen anzusehen, indem Y sich mutativ in Y' verwandelt. Dies geht daraus hervor, daß die Zobelmäuse ebenso wie die orangefarbigen immer heterozygot sind und im Laufe ihres Lebens durch Aufhellung zu orangefarbigen werden. Während Y die Pigmentbildung durch B (Faktor für schwarzes Pigment) unterdrückt, vermag Y' dies nicht zu tun. Daher der dunkle Rückenanflug. Y' ist also als ein geschwächtes Y anzusehen. Hieraus folgt auch, daß alle Zobelmäuse B enthalten. Die schwarzen Zobelmäuse sind Y'yBBEE bzw. Ee, die mittleren und gelben Y'yBbEE bzw. Ee. Da Y' in dem Grade seiner Schwächung sehr variiert, sehen zuweilen die Y'yBb als junge Tiere wie szbl aus. Da nur die Heterozygoten lebensfähig sind, kommt kein Tier von der Zusammensetzung YY' vor. Man kann also auch nicht behaupten, daß Y über Y' dominiert, oder umgekehrt Y' über Y. Die zahlreichen Kreuzungen stimmen mit diesen Auffassungen überein, da die beobachteten und erwarteten Sorten harmonieren. Man kann also auch nicht Y' dadurch erzielen, daß man echte orangefarbige Mäuse durch mehrere Generationen hindurch mit schwarzen Mäusen kreuzt. Obwohl Y' dem Y sehr nahe steht, ist es doch als eine echte Erbeinheit anzusehen, welche freilich, wie alles Organische, in ihrer Wirkung und daher auch wohl in ihrer chemisch-physikalischen Konstitution variiert. Es wurde nichts beobachtet, was für „Gameten-Unreinheit" oder dafür spricht, daß ein Faktor durch Zusammentreffen mit einem andern dauernd verändert werden kann. Die Umwandlung von Y in Y' ist als Beispiel einer progressiven Mutation anzusehen.

2. Die Weiß-Scheckung der Mäuse ist ein rezessives Merkmal gegenüber der Einfarbigkeit, welche in der Regel vollkommen dominant ist. In einzelnen Fällen sind die Heterozygoten schon äußerlich kenntlich (Zeatypus). Die Weiß-Scheckung hat mit Albinismus nichts zu tun und kann daher nicht, oder nur in ungenauer Ausdrucksweise als partieller Albinismus bezeichnet werden. Die große Variabilität der Weiß-Scheckung läßt sich erklären, wenn man außer dem allelomorphen Paar S = Einfarbigkeit, s = Scheckung, eine Anzahl von gleichsinnigen Erbfaktoren annimmt, deren Fehlen die Variabilität erzeugt. Fehlt nur einer, so entsteht der erste Scheckungsgrad, fehlen 2 der zweite usw. Die Beobachtungen lassen auf mindestens 7 oder 8 solcher Modifikatoren schließen, wahrscheinlich aber ist ihre Zahl noch größer. Auf dem Boden dieser Theorie der Entstehung der Scheckung durch polymere Faktoren wird es verständlich, daß gescheckte Tiere einfarbige Junge werfen können, daß die F_1 zuweilen über den Scheckungsgrad der Eltern transgredieren, daß auf jeder Stufe eine Selektion nach zunehmender oder abnehmender Pigmentierung (*Guénot, Castle*) ausgeführt werden kann, u. a. Alle beobachteten Tatsachen werden auf diese Weise ohne Annahme einer Inkonstanz der Erbfaktoren oder einer Gameten-Unreinheit auf streng mendelistischer Basis verständlich. Der niedere Grad der Scheckung dominiert nicht über den höheren, sondern die verschiedenen Grade sind Glieder einer polygenetischen Reihe. *Durhams* und *Hagedoorns* Angabe, daß es eine dominante Scheckung gibt, ist noch zweifelhaft. *Autoreferat.*

Oberflächenspannungsdifferenzen als eine Ursache der Zellteilung. (*Josef Spek, Archiv für Entwicklungsmechanik d. Org.* Bd. 44, Heft 1 1918, S. 5—113.)

Schon im Jahre 1876 sprach *O. Bütschli* die Vermutung aus, daß Oberflächenspannungsdifferenzen am Zelleib die Ursache der Zellteilung seien. Der Beweis hierfür wurde nun dadurch ermöglicht, daß Oberflächenspannungsänderungen an toten Flüssigkeitstropfen wie an lebenden Zellen stets von ganz gesetzmäßigen Erscheinungen begleitet sind. Die Untersuchungen wurden dadurch auf besonders sichere Grundlage gestellt, daß es gelang, eine regelmäßige Durchschnürung von Flüssigkeitstropfen durch Oberflächenspannungsdifferenzen auch künstlich am physikalischen Modell auszuführen. Ein viskoser Öltropfen flacht sich am Äquator ab, kerbt sich ein und schnürt sich schließlich ganz durch, wenn seine Äquatorzone eine Region höherer Oberflächenspannung wird, während die Pole Stellen verminderter Oberflächenspannung sind. Lokale Verminderungen der Oberflächenspannung können am Öltropfen durch Verseifung seiner Oberfläche herbeigeführt werden. — Die Durchschnürung des Tropfens ist nun stets begleitet von typischen Strömungserscheinungen. Stets bewegt sich ein „oberflächlicher Zustrom" zu der Zone erhöhter Oberflächenspannung und biegt im Äquator in das Innere der Zelle ein. Gegen die Pole, die Stellen der Spannungsverminderung, geht ein „axialer Zustrom", der an der Oberfläche angelangt, in einen „oberflächlichen Ausbreitungsstrom" übergeht. Dieser typische Strömungsverlauf läßt sich in allen Einzelheiten auch bei der gleichmäßigen Durchschnürung der Eizellen kleiner Nematoden erkennen. Bei einseitiger Einschnürung des Zelleibes erfährt er eine charakteristische Abänderung, die auch den theoretischen Erwartungen entspricht, wenn die Einkerbungsstelle eine *absolut* erhöhte Oberflächenspannung besitzt. — Lebhaftere Strömungen während der Zellteilung lassen sich nur an günstigen Objekten beobachten, sehr häufig kommen hingegen ganz typische Verlagerungen des Zellinhaltes (Dotterkörner, Pigment!) bei Zellteilungen vor, die sich auf Plasmaströmungen zurückführen lassen, die wieder ganz den theoretischen Vorstellungen entsprechen. — In besonders eindeutiger Weise ergibt sich die Abschnürung der Richtungskörper als eine Wirkung von Oberflächenspannungsdifferenzen. Die Richtungskörper entstehen, indem sich eine kleine, eng und scharf begrenzte Zone verminderter Oberflächenspannung an der Eizelle vorwölbt und sich nachher an ihrer Basislinie, einer Zone erhöhter Oberflächenspannung, abschnürt. — Eine Reihe von Erscheinungen, mit deren genauerem Studium der Verfasser gegenwärtig beschäftigt ist, spricht dafür, daß sich die Zellkolloide während der Zellteilung in einem wasserreicheren, verflüssigteren Zustand befinden. Da das wohl auch für die Kolloide etwaiger Zellmembranen gilt, ist jedenfalls auch für Zellen, die nicht wie die Eizellen „nackt" sind, die Möglichkeit der Entstehung von Oberflächenspannungsdifferenzen bei der Zellteilung gegeben.

Autoreferat.

Differenzen im Quellungszustand der Plasmakolloide als eine Ursache der Gastrulainvagination, sowie der Einstülpungen und Faltungen von Zellplatten überhaupt. (*Josef Spek, Kolloidchemische Beihefte* Bd. *IX*, Heft 10—12, S. 259—400.) Die Einstülpung einer Gastrula kommt nach *O. Bütschli* dadurch zustande, daß die eine (später konvex werdende) Fläche der Entodermzone sich stärker ausdehnt als die äußere. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß diese stärkere Ausdehnung der einen Fläche der sich einkrümmenden Zellplatte der Gastrula und ebenso auch bei den andern in den ersten Stadien der Ontogenie der Tiere eine so große Rolle spielenden Einstülpungs- und Faltungsprozessen in vielen Fällen durch reine Wasseraufnahme zustandekommt. Dieser Überlegung entsprechend wurden die Grundlage zu neuen Studien über diesen Gegenstand Versuche mit Modellen, an denen die Einstülpungen usw. ausschließlich durch einseitig stärkere Wasseraufnahme herbeigeführt wurden. Stellt man sich z. B. — als Modell einer Blastula — aus Gelatine- und Agargallerte eine Hohlkugel her, an der die eine Hälfte („Entodermhälfte") aus einer stärker quellbaren inneren und einer schwächer quellbaren äußeren Lamelle aufgebaut ist, und setzt sie ins Wasser, so stülpt sich in 1—2 Tagen das „Entoderm" durch stärkere Aufquellung seiner Blastocoelfläche selbsttätig nach innen ein. In ähnlicher Weise läßt sich die Entstehung von Ausstülpungen an Hohlzylindern (z. B. Leberausstülpung) oder von Längsfalten (Medullarrinne, Chordafalte usw.!) im Modell vorführen. — Daß nun bei den genannten Prozessen auch in den Organismen Quellungserscheinungen eine Rolle spielen, wird schon dadurch wahrscheinlich gemacht, daß die betreffenden Organanlagen sich sehr häufig durch einen besonderen Reichtum an gut quellbaren Substanzen auszeichnen. Fernerhin spricht dann aber noch ganz besonders der Umstand dafür, daß sich die Einstülpungsprozesse in weitem Maße durch Stoffe beeinflussen, d. h. hemmen oder gar umkehren lassen, die einen mächtigen Einfluß auf die Quellung von Kolloiden ausüben. Es sind dies besonders Salze und Säuren. In Verwertung einer ganzen Reihe von zum Teil selbst ermittelten Resultaten der Kolloidchemie der Quellung wird gezeigt, daß sich alle die interessanten Fälle, in denen *Curt Herbst* durch bestimmte Salzwirkungen (Zusatz von Lithiumsalzen, Kaliumrhodamid oder Natriumbutyrat zum Seewasser, durch Weglassen der Sulfate oder des Magnesiums aus demselben) vor Jahren *Exogastrulation* der Seeigellarven (Gastrulen mit nach außen gestülptem Urdarm) erzielen konnte, diese dadurch zustande kommen dürfte, daß Ionen, die die Quellung stark fördern, sich in der äußeren Hälfte der Zellen der Entodermregion anreichern, oder aber daß entquellend wirkende Ionen daraus entfernt werden. — Das häufige Auftreten von starken Zellwucherungen an den sonst durch Faltung oder Ausstülpung entstehenden Organanlagen wird auf Grund gewisser Beobachtungstatsachen auf deren Reichtum an stark quellbaren Substanzen zurückgeführt. *Autoreferat.*

Delegierte der neutralen Staaten, die an der **internationalen Meeresforschung** teilnehmen: Schweden, Norwegen, Holland und Dänemark, haben vom 23.—25. Mai in Kopenhagen verschiedene fischereiökonomische, biologische und hydrographische Fragen behandelt. Von den fischereiökonomischen Fragen ist besonders zu nennen die Annahme von Vorschlägen zu umfassenden *Untersuchungen des Fischbestandes in der Nordsee* nach dem Kriege. Man wünschte ausführliches Material hierüber, um es mit dem großen aus der Zeit vor dem Kriege gesammelten Material zu vergleichen. Das ist von großer Bedeutung für die Feststellung künftiger Schonmaßregeln, besonders für Plattfische und Schellfische. — Dr. *Redeke* (Holland) und Dr. *Johansen* (Dänemark) machten interessante Mitteilungen über den bis jetzt beobachteten Wechsel des Fischbestandes in der Nordsee während des Krieges. Selbstverständlich konnte man solche Untersuchungen nur in kleinem Maßstabe ausführen und nur in Küstengewässern, hat also entscheidende Resultate noch nicht erreicht. Aber es ist doch von großem Interesse, besonders durch die holländischen Beobachtungen über die Scholle festgestellt zu haben, daß schon zwei Jahre nach dem Ausbruch des Krieges eine Erhöhung der Durchschnittsgröße bemerkbar geworden ist im Vergleich mit der Durchschnittsgröße vor dem Kriege. Auch die Anzahl der Schollen hat sich erheblich vergrößert. Das ist für Holland in den jetzigen Ernährungsverhältnissen sehr nützlich gewesen. Nach dem Kriege wird es für die internationale Meeresforschung eine große und bedeutungsvolle Aufgabe sein, diese Fragen zu erforschen und mit den von der modernen Meeresforschung viele Jahre geprüften Methoden zuverlässige Angaben herbeizuschaffen. Professor *Gran*, Delegierter für Norwegen, hielt einen sehr instruktiven Vortrag über die Plankton-Produktion des Kristianiafjords. Er wird von dem internationalen Bureau herausgegeben werden. Dr. *Hjort*, ebenfalls norwegischer Delegierter, beteiligte sich an der Diskussion der meisten vorliegenden Fragen. Besonders bemerkenswert ist ein Vortrag über einige seiner Untersuchungen über den Hering in kanadischen Gewässern, die er während seines Aufenthalts in Kanada für die kanadische Regierung ausgeführt hat. Er wies auf Ähnlichkeiten von bemerkenswerter Art zwischen den Altersstufen des Herings im atlantischen Meere und in kanadischen und norwegischen Gewässern hin. — Der Chef des Bureaus für Fischereiadministration in Schweden, Dr. *Nordquist*, berichtete über einige Ergebnisse der neueren Untersuchungen von Dr. *Andersson* über die Rassen und Wanderungen des Herings in Kattegat und Skagerak.

Viel Zeit beanspruchte eine Diskussion über ein großes hydrographisches, aus dem atlantischen Meere gewonnenes Material, namentlich deutsches, holländisches und dänisches. Dieses Material ist während des Krieges auf Betreiben des Präsidenten Professor *Petersson* bei dem internationalen Bureau bearbeitet worden. Der holländische Delegierte, Professor *van Everdingen*, und der Direktor des meteorologischen Instituts in Kopenhagen, Kapitän *Ryder*, nebst Professor *Petterson* aus Schweden, Professor *Knudsen* und Dr. *Gehrke* aus Dänemark nahmen an der Diskussion dieser Fragen teil. Der Generalsekretär, Kommandör *Drechsel*, legte ein Schreiben an die an der internationalen Meeresforschung teilnehmenden Regierungen vor, über die Notwendigkeit, diese Forschungen so bald wie möglich nach dem Kriege wieder aufzunehmen. Schließlich wurde ein Vorschlag zum Budget für das nächste Finanzjahr angenommen, das mit verschiedenen anderen Vorschlägen an die Delegierten derjenigen kriegführenden Länder gesandt werden wird, die an der internationalen Meeresforschung teilnehmen.

Drechsel, Kopenhagen.

Über den Einfluß von Kontaktreizen und mechanischem Reiben auf das Wachstum und den Turgeszenzzustand von Keimstengeln. (*P. Stark, Ber. d. D. Bot. Ges. 35*, 1917.) Wenn man Keimstengel der ver-

schiedensten Pflanzenarten mit einem Korkstäbchen wiederholt reibt, dann kann man folgende Erscheinung beobachten: Die Spitze beginnt sich allmählich nach der geriebenen Seite überzuneigen, die Krümmung schreitet mehr und mehr nach basaleren Regionen fort, und schließlich sinkt das Pflänzchen vollständig erschlafft zur Erde nieder. In diesem Zustande kann es längere Zeit verharren. Dann aber erfolgt wieder ein Aufrichten, und alle Phasen werden in umgekehrter Richtung durchlaufen, bis der Keimling wieder vollständig straff und aufrecht dasteht. Kausal ist das Umsinken dadurch bedingt, daß durch das Reiben die Transpiration ganz erheblich erhöht wird und infolgedessen ein so starker Wasserverlust eintritt, daß die Gewebespannung nicht mehr ausreicht, das Pflänzchen aufrecht zu erhalten. Das läßt sich durch Wägung einwandfrei feststellen. Es ergibt sich dabei eine Transpirationssteigerung um 100 %. Aber auch auf anderem Wege läßt sich die verstärkte Wasserabgabe ermitteln. Man braucht nur den Stengel mit einem Streifchen getrockneten Kobaltpapiers zu umwickeln. Kobaltchlorür hat nämlich in trockenem Zustande eine intensiv blaue Farbe, rötet sich aber sofort bei der geringsten Wasseraufnahme. Es zeigt sich nun, daß der Papierstreifen nach kürzester Frist an der Stelle, die gerieben wurde, einen roten Strich aufweist. Diese Erscheinung liefert uns eine Erklärung für die Ursachen der Transpirationszunahme. Die Keimstengel der Versuchspflanzen sind, um eine schädigende Wasserabgabe zu verhindern, mit einer Wachsschicht überzogen, und dieser Schutzpanzer wird durch das Reiben partiell abgestreift. Die Pflanze besitzt aber das Vermögen, den Schaden wieder auszubessern, und darauf beruht es, daß die Keimlinge am folgenden Tage wieder aufrecht dastehen. Interessant ist nun das Verhalten von Keimlingen, die man sofort nach dem Reiben in den dampfgesättigten Raum stellt. Da in diesem Fall die Transpiration fast vollständig sistiert wird, so tritt keine Reaktion ein. Dagegen kann das Umsinken sofort erzielt werden, wenn man die Objekte in trockene Atmosphäre verbringt. Bemerkenswert ist nun, daß ein solches verspätetes Umsinken auch dann erfolgt, wenn sich die geriebenen Keimlinge 3—4 Tage im Dampfraum befunden hatten. In dieser Zeit haben Pflanzen, die in trockener Luft stehen, ihre Wachsschicht längst regeneriert. Daraus folgt, daß die Neubildung der Schutzschicht bloß dann stattfindet, wenn sie biologisch notwendig ist, nicht aber, wenn die Dampfsättigung ein Welken ausschließt. Dies läßt sich auch aus folgender Tatsache ersehen: Läßt man Keimlinge vollständig im dampfgesättigten Raum aufwachsen und bringt sie dann plötzlich in eine trockene Atmosphäre, dann beginnen sie vielfach schlaff niederzusinken, ohne daß sie gerieben wurden. Hier ist eben unter den veränderten Bedingungen die Wachsbildung primär unterblieben. Sie tritt erst nachträglich bei längerem Aufenthalt im trockenen Raum ein, wobei sich dann die Keimlinge wieder aufrichten. Wir haben es hier mit zweckmäßigen Reaktionen zu tun, die sicher in der freien Natur eine große Rolle spielen. Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß bei vielen Pflanzen die Wachsbildung mit den Standortsverhältnissen im Zusammenhang steht und je nach der Vegetationsperiode geändert werden kann. *P. St.*

Zur Kenntnis der phototaktischen Richtungsbewegungen (*J. Buder, Jahrb. f. wiss. Bot. 58*, 1917). Die phototaktischen Reaktionen der Mikroorganismen sind von jeher ein beliebtes Studienobjekt für Zoologen und Botaniker gewesen. Die Arbeit von *Buder* liefert nun neben einer kritischen Zusammenstellung der Literatur auch eine Reihe sehr bemerkenswerter neuer Beobachtungen, die an Chlamydomonaden, Flagellaten und anderen, an der Grenze von Tier- und Pflanzenreich stehenden Organismen gesammelt wurden. Besonderes Interesse verdienen die Versuche, bei denen zwei verschieden gerichtete Strahlenbündel gleichzeitig auf die Versuchsobjekte einwirkten. Während sich die Organismen bei einfacher einseitiger Beleuchtung der Lichtquelle direkt nähern oder — falls negative Phototaxis vorliegt — sich von ihr entfernen, halten sie jetzt, vorausgesetzt, daß die beiden Lichtquellen gleich intensiv sind, die Winkelhalbierende ein. Die Bahn fällt also nicht mehr mit der Strahlenrichtung zusammen. Sind die beiden Lichtquellen aber verschieden stark, dann erfolgt eine Ablenkung nach der stärkeren von den beiden, und die Richtung wird durch das Parallelogramm der Kräfte bestimmt. Der Organismus bewegt sich also so vorwärts, daß beiden Flanken dieselbe Lichtmenge pro Zeiteinheit zufließt. Dieses „Resultantengesetz" gilt allem Anschein nach auch bei der gleichzeitigen Anwendung von drei Strahlenquellen, und sein Geltungsbereich erstreckt sich auch auf die phototropischen Reaktionen der höheren Pflanzen. Da diese festgewachsen sind, so beantworten sie den Reiz nicht mit einer Ortsveränderung, sondern sie krümmen sich nur in die durch das Resultantengesetz gegebene Richtung ein. Eingehende Daten existieren hier allerdings noch nicht, doch gibt es schon deutliche Hinweise darauf, daß auch hier — und ebenso beim Zusammenwirken von Schwerkraft und Zentrifugalkraft — dieselben Gesetzmäßigkeiten herrschen. *P. St.*

Zur Verwertung der Pilze (*Raebiger, Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene 17*, 1917). Wie bekannt ist, machen die Giftpilze nur einen sehr geringen Teil unserer Pilzbestände aus. Das Kaiserliche Gesundheitsamt macht in einem Merkblatt bloß 11 Arten namhaft. Aber auch von diesen kann eigentlich bloß der Knollenblätterschwamm (Amanita phalloides und A. mappa) als absolut gefährlich bezeichnet werden. Alle übrigen Pilze werden da und dort mit gewissen Vorsichtsmaßregeln als Speisepilze verwertet. So verlieren der Pantherpilz (A. pantherina), der Perlschwamm (A. rubescens), ja sogar der Fliegenpilz (A. muscaria) nach Abziehen der Haut ihre Giftigkeit. Der Speiteufel (Russula emetica), der Satanspilz (Boletus satanas) und die Giftmorchel (Gyromitra esculenta) werden durch das Abkochen genießbar. Der Kartoffelbovist (Scleroderma vulgare) wirkt nur in älteren Exemplaren und in großer Menge genossen schädlich. Der falsche Pfifferling endlich (Cantharellus aurantiacus) und der Schwefelkopf (Hypholoma fasciculare) gelangten bloß durch ihren bitteren Geschmack in den Ruf der Giftigkeit. Wenn diese Formen sich auch größtenteils für die menschliche Nahrung nicht empfehlen, so stellen sie doch ein recht nützliches Viehfutter dar, das besonders in Vermischung mit anderen Arten keinerlei Gefährdung bietet. Tatsächlich werden diese Arten vielfach spontan von Wild- und Weidetieren aufgesucht, und sie empfehlen sich — besonders unter den gegenwärtigen Verhältnissen — geradezu als Kraftfutter, weil die Trockensubstanz neben Kohlehydraten mehr Eiweiß enthält als selbst Fleisch. Nach einer Berechnung würden sich bei viermaliger Ernte im Jahr auf deutschem Boden 2000 Millionen Kilogramm Pilzsubstanz gewinnen lassen. Das entspricht einem Eiweißgehalt von ca. 50 Millionen Kilogramm. *P. St.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW

ur-
aften

efert
Lite-
euer
aten
reich
leres
ver-
f die
anis-
uelle
gt—
, daß
ukel-
mit
eiden
eine
und
der
also
enge
setz"
tigen
Gel-
chen
stge-
mit
nur
tung
noch
rauf,
rken
Ge-
St.
hr. f.
annt
Teil
eits-
haft.
Knol-
ppa)
übri-
chts-
der
(A.
nach
eufel
und
durch
clero-
und
lsche
d der
bloß
iftig-
s für
ellen
s be-
nerlei
Arten
ucht,
egen-
atter,
mehr
rech-
r auf
Pilz-
Ei-
St.